

Analisa Sifat Kemagnetan Polimer *Poliethylen Glycol* (PEG-4000)- coated Nanopartikel Magnetite Fe_3O_4 Menggunakan *Vibrating* *Sample Magnetometer* (VSM)

Alfrie Musa Rampengan^{*a}, Soenandar Milian Tompunu Tengker^b

^aIlmu Fisika FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia

^bIlmu Kimia FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 07 Desember 2021

Disetujui 28 Desember 2021

Key word:
Magnetism
 Fe_3O_4
PEG
VSM

Kata kunci:
Kemagnetan
 Fe_3O_4
PEG
VSM

ABSTRACT

Iron oxide (Fe_3O_4) nanoparticles have been synthesized using coprecipitation method. Characterization of the magnetic properties of iron oxide (Fe_3O_4) nanoparticles using Transmission Electron Microscopy (TEM) shows a loop hysteresis curve on Fe_3O_4 magnetite nanoparticles with a value of M_r 7.7 emu/g at 0 kOe field, M_s 68.2 emu/g at an external field 14,61 kOe. A low M_r value or close to zero indicates that the Fe_3O_4 nanoparticle material is softmagnetic. Fe_3O_4 nanoparticles that had been modified with PEG-4000 polymer showed a M_s value of 55.7 emu/g in a 14 kOe field, an H_c coercivity field of about 60 Oe, and a M_r 6.3 emu/g value in a 0 kOe field. The smaller the particle size, the more likely the material has a single magnetic domain. The smaller the sample particle size, the smaller the remanent magnetization value. The smaller the value of remanent magnetization, the residual magnetization that is still possessed by a material/sample when it is not affected by an external magnetic field is also greater.

ABSTRAK

Telah disintesis nanopartikel oksida besi (Fe_3O_4) menggunakan metode kopresipitasi. Karakterisasi sifat kemagnetan nanopartikel oksida besi (Fe_3O_4) menggunakan Transmission Electron Microscopy (TEM) menunjukkan kurva histeresis loop pada material nanopartikel magnetit Fe_3O_4 dengan nilai M_r 7,7 emu/g pada medan 0 kOe, M_s 68,2 emu/g pada medan eksternal 14,61 kOe. Nilai M_r yang rendah atau mendekati nol menunjukkan bahwa material nanopartikel Fe_3O_4 tersebut bersifat softmagnetik. Nanopartikel Fe_3O_4 yang telah dimodifikasi dengan polimer PEG-4000 menunjukkan nilai M_s 55,7 emu/g pada medan 14 kOe, medan koersifitas H_c sekitar 60 Oe, dan nilai M_r 6,3 emu/g pada medan 0 kOe. Ukuran partikel semakin kecil maka kemungkinan besar material tersebut mempunyai domain magnetik tunggal. Semakin kecil ukuran partikel sampel, nilai magnetisasi remanennya juga semakin kecil. Semakin kecil nilai magnetisasi remanennya, magnetisasi sisa yang masih dimiliki oleh suatu bahan/sampel ketika tidak dipengaruhi medan magnet luar juga semakin besar.

*e-mail:

alfrierampengan@unima.ac.id

*Telp: 08114382696

Pendahuluan

Material nanopartikel magnetite sudah menjadi populer bagi para peneliti dibidang magnetik karena sifatnya yang sangat aplikatif dalam berbagai bidang ilmu, seperti

bioteknologi, elektronik, biomedis, katalis, *magnetic resonance imaging* (MRI) dan sebagainya. Keberhasilan penerapan nanopartikel magnetik di berbagai bidang ilmu sangat tergantung pada stabilitas partikel pada

berbagai kondisi yang berbeda. Partikel akan menjadi sangat populer ketika ukuran partikel berada pada *range* nano yang bergantung pada komposisi materi. Masing-masing nanopartikel tersebut akan menjadi domain magnetik tunggal dan menunjukkan perilaku superparamagnetik, dimana ukuran partikel itulah yang menentukan sifat kemagnetan. Salah satu partikel magnetik yang berukuran nanometer adalah oksida besi seperti magnetit Fe_3O_4 , semakin kecil ukuran butir maka oksida besi Fe_3O_4 akan memiliki responsibilitas magnetik yang tinggi (mudah termagnetisasi oleh medan magnet eksternal). Dengan kata lain, efek superparamagnetik akan semakin dominan seiring dengan semakin kecilnya diameter butir oksida besi Fe_3O_4 [1]. Ukuran partikel, sifat permukaan dan sifat kemagnetan adalah keunggulan dari nanopartikel magnetite sehingga sangat mudah termodifikasi dengan material lain [2]. Salah satu sifat uniknya adalah keaktifan atom besi Fe pada permukaan oksida besi magnetit Fe_3O_4 terhadap elemen material lain, dimana atom Fe pada permukaan oksida besi magnetik dalam medium air berinteraksi dengan gugus hidroksil (-OH) yang akan membentuk ikatan Fe-OH [3]. Sifat reaktif atom Fe pada permukaan oksida besi Fe_3O_4 membuka peluang untuk dilakukannya proses modifikasi oleh *polyetilen glycol* (PEG). PEG adalah salah satu jenis polimer yang dapat dipakai untuk membentuk dan mengontrol ukuran partikel. PEG dapat juga berfungsi sebagai *templete*, yang membungkus partikel sehingga tidak terbentuk agregat lebih lanjut, disebabkan PEG menempel pada permukaan partikel dan menutupi ion positif yang bersangkutan untuk bergantung dan membesar, sehingga pada akhirnya akan diperoleh partikel dengan bentuk bulatan yang seragam. Berdasarkan keunggulan dari oksida besi tersebut, maka perlu dilakukan analisa sifat kemagnetan material magnetik Fe_3O_4 dan material magnetik Fe_3O_4 yang telah termodifikasi dengan *polyetilen glycol* (PEG-4000).

Bahan dan Metode

Sintesis nanopartikel Fe_3O_4 menggunakan metode kopresipitasi berbahan dasar senyawa hidrat $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.005 mol, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.001

mol dan NH_4OH 10%. Timbanglah sebanyak 8,109 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 4,1703 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan menggunakan timbangan digital, kemudian larutkan dengan 30 ml aquades yang diaduk hingga homogen menggunakan magnetic stirrer ± 10 menit [4]. Tambahkan larutan NH_4OH 10% (60 ml) yang dibuat dengan mengencerkan 24 ml NH_4OH dengan aquades hingga 60 ml, sedikit demi sedikit dituangkan, sementara pengadukan menggunakan magnetic stirrer dengan konsentrasi suhu pengadukkan 60°C , kecepatan pengadukkan 450 rpm, lama pengadukkan 90 menit. Endapan selanjutnya dicuci menggunakan aquades hingga beberapa kali pengulangan agar garam-garam hasil reaksi lainnya yang ikut terlarut semakin terminimalisir jumlahnya di dalam sampel sehingga dapat diperoleh sampel Fe_3O_4 yang lebih murni. Sampel Fe_3O_4 yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan menggunakan furnace dengan mengatur suhu pengeringan 80°C selama 120 menit. Sampel yang kering kemudian dianalisis sifat kemagnetannya menggunakan VSM. Nanopartikel yang telah kering dimodifikasi permukaannya menggunakan polimer PEG-4000 dengan perbandingan konsentrasi 0,5 g nanopartikel Fe_3O_4 dicampurkan ke dalam 0,5 g polimer PEG-4000 yang telah dilarutkan dalam aquades. Campuran nanopartikel dan polimer PEG-4000 selanjutnya digetarkan kembali dalam medium ultrasonik sekitar 30 menit agar semua permukaan nanopartikel dapat terlapisi dengan baik. Kemudian dibiarkan sampai kering, digerus menghasilkan serbuk. Sampel modifikasi ini yang dalam keadaan kering dianalisis sifat kemagnetannya menggunakan VSM.

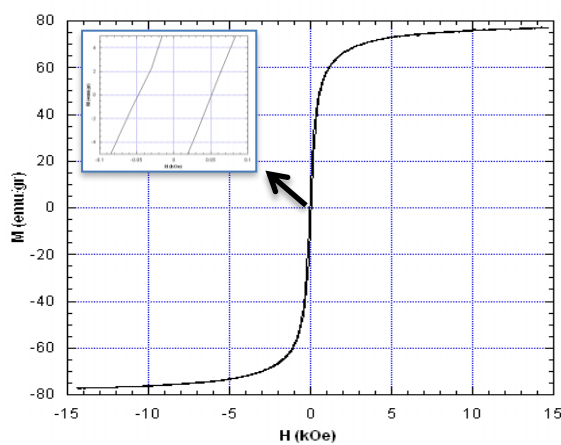
Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Sifat Kemagnetan dengan Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

VSM nanopartikel Fe_3O_4

Suatu material apakah termasuk *soft magnetic* atau *hard magnetic*, dapat dilihat dari kurva *hysteresis* [5]. Ada tiga besaran penting yang kita peroleh dari suatu kurva histeresis yaitu magnetisasi remanen (M_r), magnetisasi saturasi (M_s) dan medan koersifitas (H_c). Remanen merupakan magnetisasi yang masih

tersisa pada material ketika medan magnet eksternal (*applied field*) nol atau dihilangkan, magnetisasi saturasi merupakan magnetisasi pada saat arah momen-momen magnet dalam material cenderung searah mengikuti arah medan magnet eksternal, sedangkan medan koersifitas adalah medan yang dibutuhkan untuk menghilangkan magnetisasi. H_c menggambarkan tingkat kemudahan atau kesulitan bahan untuk dimagnetisasi. Dari kurva histeresis tersebut, tampak bahwa untuk membuat domain magnetik searah yaitu kurang lebih 15 kOe, dan medan koersifitasnya sekitar 60 Oe.



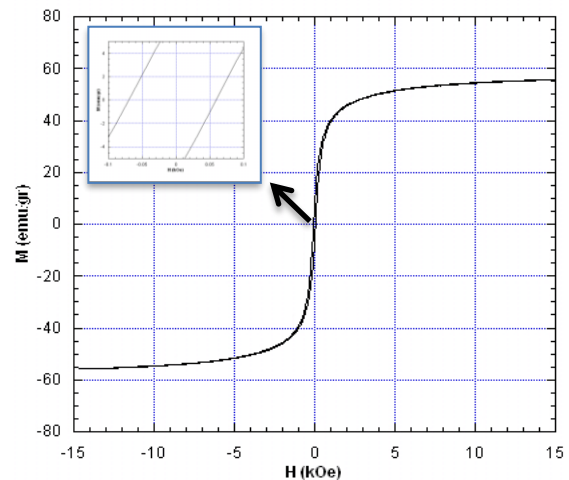
Gambar 1. Histeresis Loop nanopartikel magnetit Fe_3O_4

Gambar 1 menunjukkan kurva histeresis loop pada material nanopartikel magnetit Fe_3O_4 dengan nilai M_r 7,7 emu/g pada medan 0 kOe, M_s 68,2 emu/g pada medan eksternal 14,61 kOe. Nilai M_r yang rendah atau mendekati nol menunjukkan bahwa material nanopartikel Fe_3O_4 tersebut bersifat softmagnetik.

VSM nanopartikel Fe_3O_4 yang termodifikasi dengan polimer PEG-4000

Ketika nanopartikel Fe_3O_4 dimodifikasi dengan polimer PEG-4000, pada gambar 2 menunjukkan nilai M_s 55,7 emu/g pada medan 14 kOe, medan koersifitas H_c sekitar 60 Oe, dan nilai M_r 6,3 emu/g pada medan 0 kOe. Ini sangat jelas bahwa ketika ukuran partikel semakin kecil maka kemungkinan besar material tersebut mempunyai domain magnetik tunggal. Pada domain tunggal nilai medan koersifitasnya juga akan mengalami perubahan dengan berkurangnya ukuran partikel,

walaupun dalam hal ini tidak dapat ditunjukkan dengan jelas perubahannya.



Gambar 2. Histeresis Loop nanopartikel magnetit Fe_3O_4 yang termodifikasi dengan polimer PEG-4000

Selain itu, diikuti dengan menurunnya M_s dan M_r sampel tersebut. Semakin kecil ukuran partikel sampel, nilai magnetisasi remanennya juga semakin kecil. Semakin kecil nilai magnetisasi remanennya, magnetisasi sisa yang masih dimiliki oleh suatu bahan/sampel ketika tidak dipengaruhi medan magnet luar juga semakin besar. Besarnya sifat magnetik suatu bahan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: ukuran dari momen magnetik, jumlah dan ukuran domain magnetiknya serta orientasi dari masing-masing domain.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan nanopartikel oksida besi Fe_3O_4 dapat dihasilkan dengan menggunakan metode kopresipitasi dengan berbahan dasar senyawa hidrat $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan NH_4OH .

Hasil karakterisasi nanopartikel oksida besi (Fe_3O_4) menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) menunjukkan kurva histeresis loop pada material nanopartikel magnetit Fe_3O_4 dengan nilai M_r 7,7 emu/g pada medan 0 kOe, M_s 68,2 emu/g pada medan eksternal 14,61 kOe. Nilai M_r yang rendah atau mendekati nol menunjukkan bahwa material nanopartikel Fe_3O_4 tersebut bersifat softmagnetik. Nanopartikel Fe_3O_4 yang telah dimodifikasi dengan polimer PEG-4000

menunjukkan nilai M_s 55,7 emu/g pada medan 14 kOe, medan koersifitas H_c sekitar 60 Oe, dan nilai M_r 6,3 emu/g pada medan 0 kOe. Ukuran partikel semakin kecil maka kemungkinan besar material tersebut mempunyai domain magnetik tunggal. Semakin kecil ukuran partikel sampel, nilai magnetisasi remanennya juga semakin kecil. Semakin kecil nilai magnetisasi remanennya, magnetisasi sisa yang masih dimiliki oleh suatu bahan/sampel ketika tidak dipengaruhi medan magnet luar juga semakin besar.

Daftar Pustaka

1. Riyanto, A. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) dan Potensinya Sebagai Material Aktif Pada Permukaan Sensing Biosensor Berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR), Universitas Gadjah Mada, 2012.
2. Guimaraes, A.P. *Principles of Nanomagnetism*; Springer: Rio de Janeiro, 2017; ISBN 978-3-319-59408-8.
3. Cornell, R.M.; Schwertmann, U. *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses*; John Wiley & Sons, 2003; ISBN 978-3-527-30274-1.
4. Kim, Y.I.; Kim, D.; Lee, C.S. Synthesis and Characterization of CoFe_2O_4 Magnetic Nanoparticles Prepared by Temperature-Controlled Coprecipitation Method. *Physica B: Condensed Matter* **2003**, 337, 42–51, doi:10.1016/S0921-4526(03)00322-3.
5. Puri, R.K.; Babbar, V.K. *Solid State Physics and Electronics*; S. Chand Publishing, 2008; ISBN 978-81-219-1475-8.